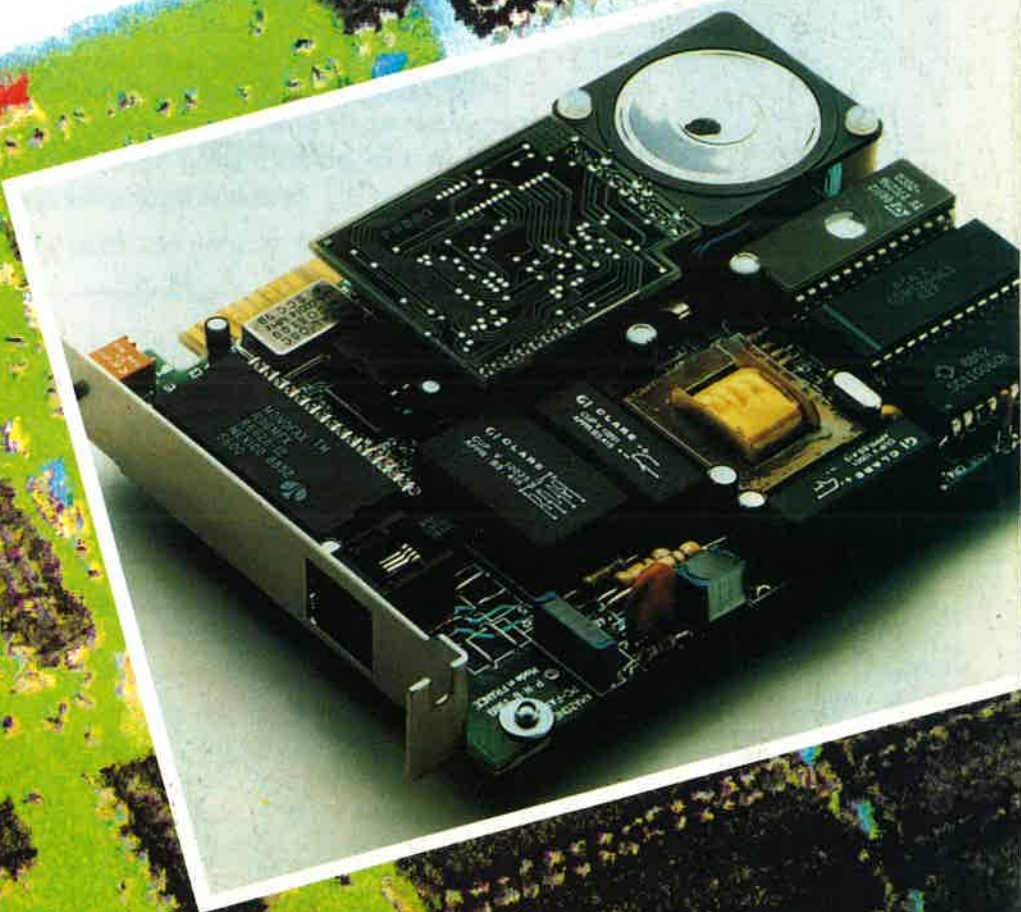
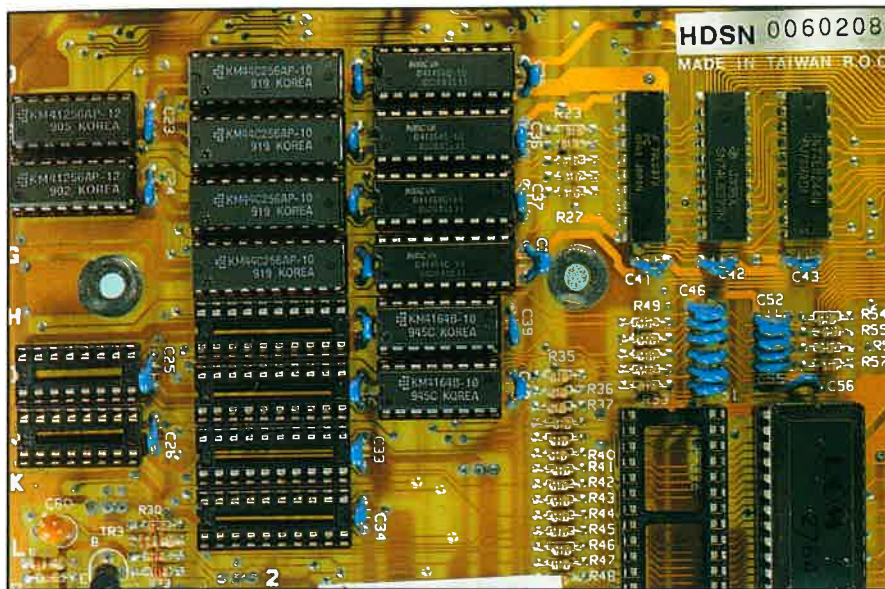
SPEDIZIONE IN ABB. POST.
GRUPPO II/70
ELETTRONICA E PC
L.9.900 Frs.17
11
HARDWARE E PERIFERICHE
La memoria RAM
CORSO DI ELETTRONICA DIGITALE
Le sottofamiglie TTL
REALIZZAZIONI PRATICHE
Contatore per frequenzimetro
JL JACKSON LIBRI

# LA MEMORIA RAM

**Che cosa è la memoria di un computer? A questa domanda molti utenti di PC non sanno dare una risposta corretta poiché non conoscono in realtà cosa questa sia e quanti tipi di dispositivi di controllo esistono.**

In un computer, viene definita memoria l'insieme delle *celle* destinate all'immagazzinamento delle informazioni. Ciascuna di queste celle, o byte, è formata da otto diverse sottocelle che possono assumere il valore logico "0" oppure "1". Ognuna di queste sottocelle prende il nome di *bit*.

In funzione del tipo di memoria queste celle, o byte, possono essere scritte, lette, o subire entrambe le operazioni contemporaneamente. Per poter leggere o scrivere queste celle è necessario che ognuna di esse possa venire correttamente identificata, in modo da non confonderle; a tal fine, a ciascuna cella viene assegnato un determinato indirizzo. Si accede a queste celle attraverso il bus indirizzi del microprocessore: l'accesso ad una cella piuttosto che ad un'altra viene abilitato dal codice binario presente in quel determinato istante sul bus indirizzi.

Come conseguenza, è logico supporre che l'accesso ad una minore o maggiore quantità di memoria è diretta funzione del numero di linee che

*In un computer viene definita memoria l'insieme delle celle destinate all'immagazzinamento delle informazioni*

*Il microprocessore 80286 è dotato di un bus indirizzi a 24 bit che può indirizzare fino a 16 Mbyte di memoria*

formano il bus indirizzi di cui è dotato il microprocessore. Infatti, il numero di combinazioni binarie diverse tra loro è determinato e limitato dal numero di linee che formano la combinazione: due linee permettono la gestione di $2^2 = 4$ combinazioni diverse, otto linee permettono la gestione di $2^8 = 256$ combinazioni diverse, e così via.

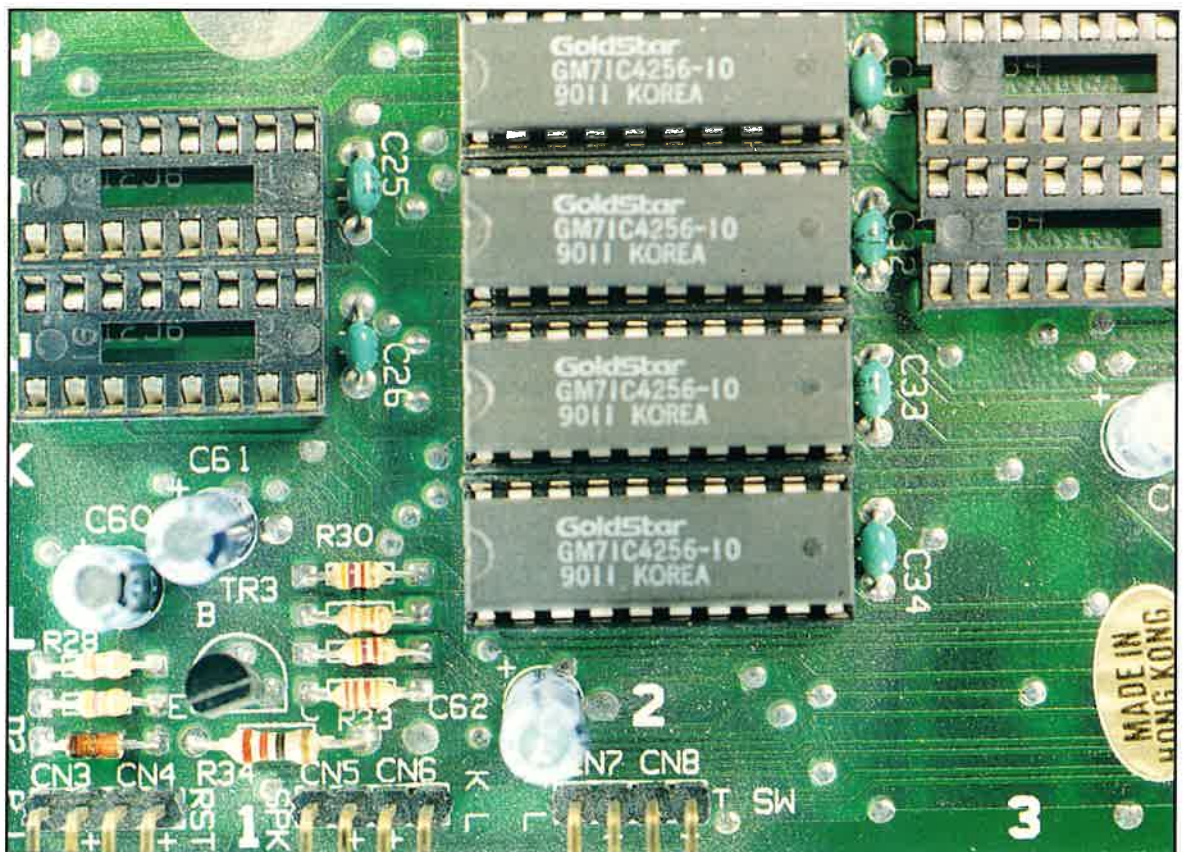
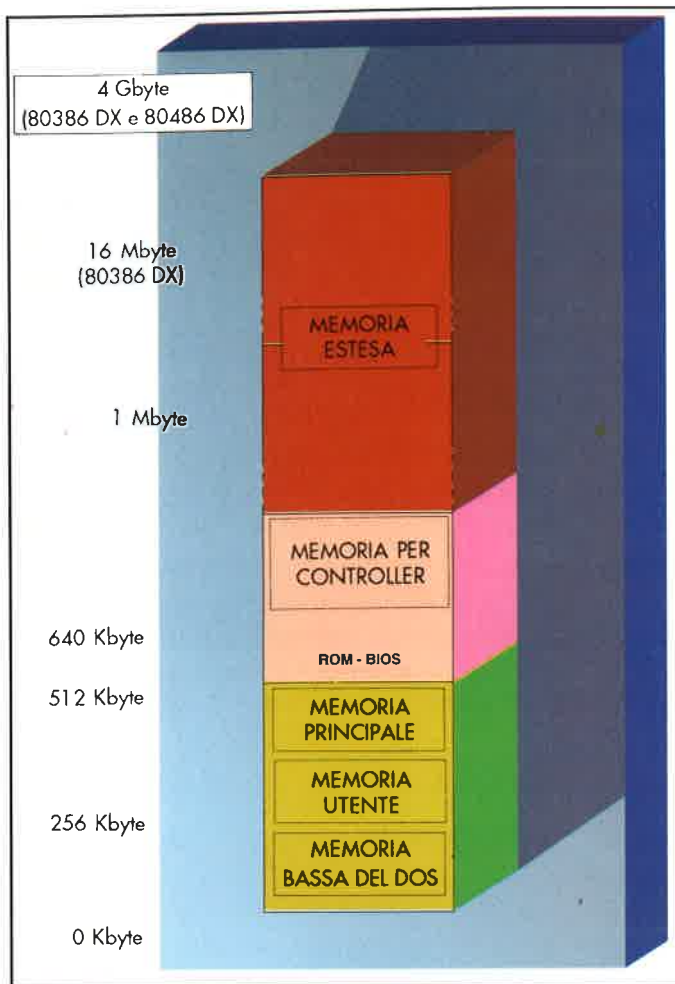
In base a questi principi, i microprocessori 8086 e 8088, montati sui vecchi XT, essendo dotati di un bus indirizzi di 20 linee possono operare con una dimensione di memoria pari a $2^{20}$ celle, o 1.048.576 byte. Il 286, che ha un bus indirizzi di 24 bit, è in grado di utilizzare fino a 16.777.216 byte, o 16 Mbyte. Il 486, a sua volta, può indirizzare fino a 4 Gbyte, corrispondenti a 4.294.967.295 byte.

Di conseguenza, quando si decide di eseguire un'espansione di memoria sul proprio calcolatore, la prima cosa da fare è verificare che il computer sia in grado di gestire la quantità di memoria che si vuole installare.

## DISTRIBUZIONE DELLA MEMORIA

Anche se, in teoria, tutta la memoria indirizzabile dal microprocessore dovrebbe essere a disposizione dell'utente, in realtà è possibile lavorare solo su una parte di questa. Ciò si deve al fatto che nei primi personal computer, gli XT, è stato posto un limite alla memoria utente pari a 640 Kbyte, che all'epoca sembrava più che sufficiente. Sul totale di 1 Mbyte indirizzabile dall'8086, è stata definita come zona di memoria per l'esecuzione dei programmi quella che va da 0 a 640 Kbyte. A questa memoria è stato dato il nome di *memoria utente* o *memoria principale*.

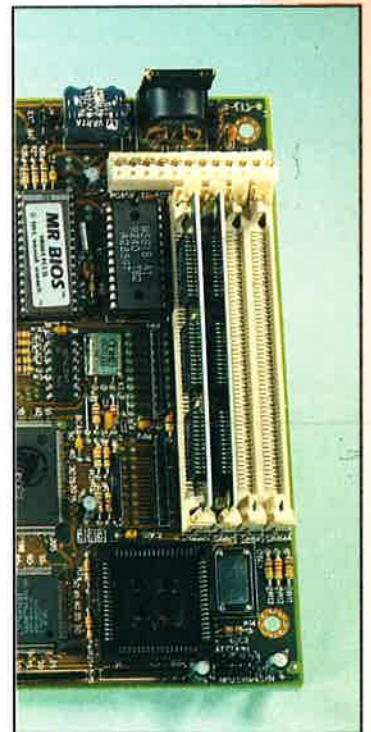
Di conseguenza, i sistemi operativi (e più concretamente l'MS-DOS, che è quello più utilizzato tra gli utenti di personal computer) e le schede madri dei computer sono state progettate per operare esclusivamente con questa quantità di memoria. La memoria rimanente è riservata ad altri scopi, e l'utente non ne ha l'accesso diretto se non tramite qualche particolare programma che consente la

*Chip di memoria RAM con capacità 4x256 Kbit*

*Distribuzione della memoria in un generico PC*

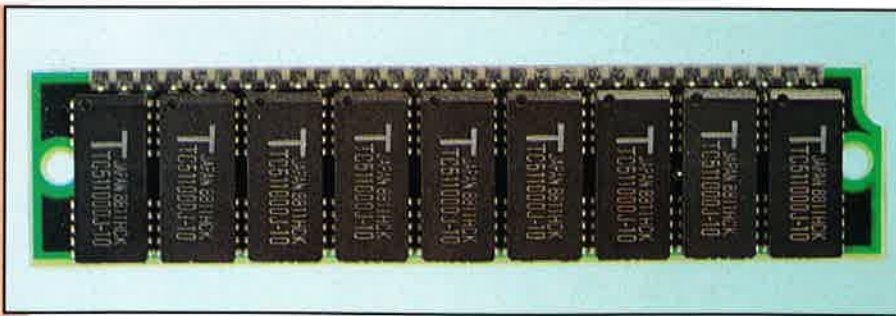
scrittura in *linguaggio macchina*, con il quale è possibile programmare direttamente il microprocessore. Un esempio di programmazione in linguaggio macchina si ottiene tramite il comando DEBUG del sistema operativo.
Questa condizione permette una prima suddivisione della memoria in due diverse categorie funzionali: memoria utente o principale e memoria alta di sistema.

## MEMORIA UTENTE

Come detto in precedenza la memoria utente, detta anche memoria base del sistema, occupa i primi 640 Kbyte di cui sono dotati tutti i computer (anche se, come si vedrà, questa quantità di memoria è diventata ormai insufficiente).
Anche la memoria utente non è completamente e direttamente utilizzabile dai programmi con i quali si opera. Infatti, i primi 64 Kbyte sono riservati per operazioni eseguite dal sistema operativo che sono fondamentali per il funzionamento del PC. Si possono perciò distinguere due ulteriori zone di memoria all'interno dello spazio occupato dalla memoria utente: quella definita memoria bassa e la vera e propria memoria utente.
La *memoria bassa* è composta dai primi 64 Kbyte citati in precedenza, che vengono suddivisi in tre parti di ugual importanza. Nella prima vengono memorizzate le tabelle dei vettori di interrupt, che definiscono la posizione delle routine di controllo dell'interrupt corrispondente. La seconda viene utilizzata come area di lavoro per le routine ROM-BIOS del sistema; il ROM-BIOS è il programma incaricato di controllare e supervisionare il funzionamento principale del sistema, per cui ha bisogno di un'area di memoria RAM nella quale memorizzare parte dei dati che ottiene come risultato di questo controllo. Per questo motivo, all'atto dell'avvio del calcolatore vengono riservati 256 byte, o ottetti, per l'area dati del ROM-BIOS. Infine, nella terza parte della memoria bassa, che ha anch'essa una dimensione di 256 byte, vengono memorizzati i dati di lavoro del sistema operativo.
La quantità di memoria rimanente è definita *memoria utente*, ed è quella che viene realmente utilizzata dai programmi applicativi memorizzati sui supporti magnetici (hard disk, floppy disk, ecc.).

*Un sistema attuale ha una memoria base di 640 Kbyte, anche se questa capacità è già diventata insufficiente*

*I quattro banchi di memoria RAM di un elaboratore 80286 nei quali possono venire installati i corrispondenti moduli SIMM*

## MEMORIA ALTA

A questo punto è logico chiedersi perché non vengano sfruttati anche gli indirizzi di memoria gestibili dall'8086 che si estendono dai 640 Kbyte ai 1024 Kbyte.
In realtà, non è vero che questa memoria non venga utilizzata: vie-

SIMM da 1 Mbyte, composto da 9 chip da 1 Mbit dei quali uno è il chip di parità

ne in effetti riservata per l'esecuzione di altri programmi necessari al funzionamento del sistema. La memoria ROM (Read Only Memory, memoria a sola lettura) ad esempio, è una parte della memoria di sistema, anche se si comporta in modo diverso dalla memoria RAM di cui si è parlato in precedenza.

Si può perciò dire che la memoria di sistema è formata dall'insieme dei diversi dispositivi in grado di memorizzare dati e informazioni. Parte di questa memoria è realizzata con dei circuiti integrati sui quali è possibile eseguire solamente operazioni di lettura del contenuto (memoria ROM); parte è realizzata con dei chip sui quali è possibile effettuare operazioni sia di lettura che di scrittura (memoria RAM), e parte è costituita da integrati sui quali è possibile eseguire generalmente solo operazioni di lettura; in determinate circostanze, e con tecniche particolari, su questi ultimi possono essere effettuate anche operazioni di scrittura (memorie EPROM, Eraseable and Programmable Read Only Memory).

*Nella memoria ROM viene memorizzato il BIOS di sistema*

Pertanto, la memoria ROM, che è quella in cui viene memorizzato il BIOS di sistema, è localizzata nei primi 640 Kbyte della memoria utente. La sua dimensione varia in funzione della versione di BIOS di cui è dotato il calcolatore, e in funzione del modello di microprocessore con il quale il BIOS stesso deve operare (8086, 80286, 80386, ecc.).

Nel BIOS di sistema vengono memorizzate in modo permanente tutta una serie di routine software per la gestione delle varie interfacce presenti nell'elaboratore, quali la scheda grafica, l'interfaccia parallela per la stampante, l'interfaccia seriale delle porte di comunicazione, ecc. In questo modo, anche se qualche programma tenta di scrivere in questa zona di memoria, le informazioni rimangono protette poiché quest'area è a sola lettura.

In quest'ultimo caso può capitare che questo tentativo di sovrascrittura sulla memoria ROM

*Le diverse sezioni nelle quali è suddivisa la memoria alta di un computer sono destinate alla memorizzazione del software relativo ai diversi controller installati*

*La zona di memoria RAM di un PC486 è composta da 8 diversi banchi, che permettono di raggiungere la massima memoria complessiva di 64 Mbyte ottenibile sulle schede madri attuali*

provochi la perdita di alcuni dati relativi al programma applicativo in corso, oppure il blocco totale dell'elaboratore.

Anche nella zona di memoria situata appena al di sopra della memoria utente vi sono spazi riservati per l'installazione di schede video, per il BIOS del disco rigido, nonché per i driver dei dispositivi collegati all'elaboratore, quali il mouse o lo scanner, e per ampliamenti futuri.

Inizialmente sui computer venivano installati solamente i circuiti integrati necessari per completare la memoria utente, poiché la rimanente memoria non veniva utilizzata dal sistema operativo a causa della mancanza di gestori di memoria software che ne permettessero l'accesso.

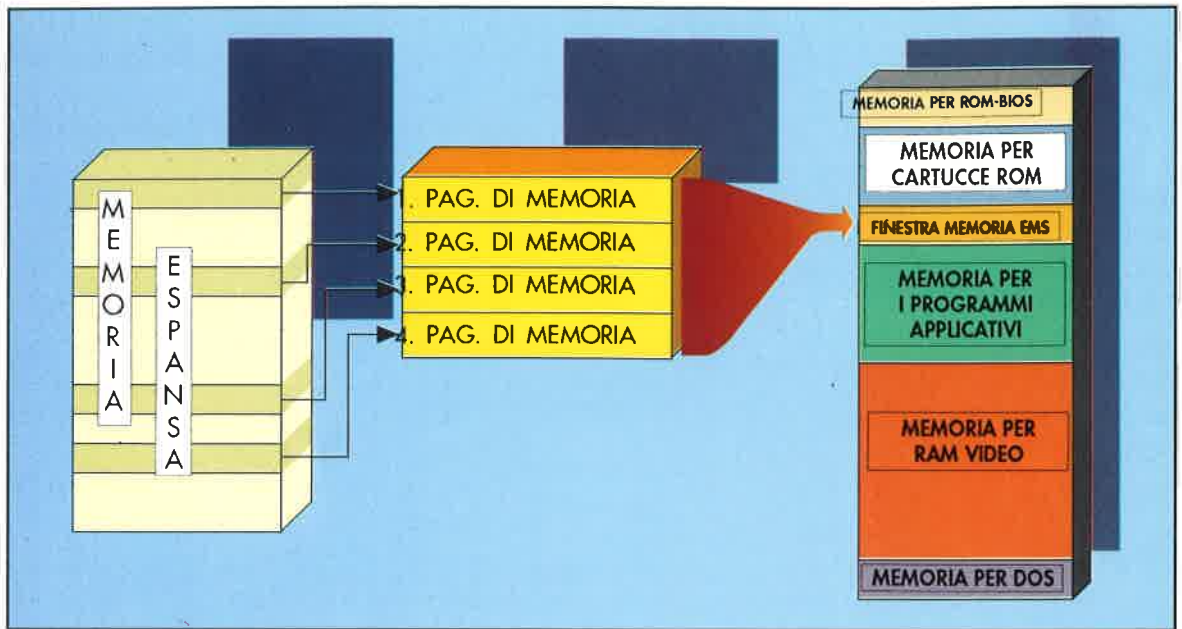
## *IL RESTO DELLA MEMORIA*

Tutta la disamina fatta sinora sulla gestione della memoria è strettamente legata all'architettura elettronica dei primi personal computer, gli XT. Successivamente, per quanto consentito dall'evoluzione del software e dell'hardware, è stato implementato anche lo sfruttamento della parte alta e del resto della memoria. Di fatto, l'XT presenta un limite di memoria di 1 Mbyte, ma il 286, con il suo bus indirizzi a 24 bit, consente di indirizzare fino a 16 Mbyte. A questo punto può nascere spontanea una domanda: come utilizzare tutta questa memoria? La risposta va ricercata nelle architetture operative dei diversi microprocessori e nelle modalità funzionali dei sistemi operativi.

La caratteristica principale che diversifica il microprocessore 8086 dall'80286 è che quest'ultimo può lavorare in due modalità diverse: *modo reale* e *modo protetto*. In modo reale l'80286 opera con lo stesso gruppo di istruzioni dell'8086: le istruzioni accettate e utilizzate dai due micro sono esattamente le stesse. Al contrario, in modo protetto l'80286 sfrutta un set di istruzioni che possono essere eseguite solo da questo tipo di processore; tra queste sono presenti le istruzioni per la gestione dei 16 Mbyte di memoria che è in grado di controllare. Pertanto, per fare in modo che l'8086 e l'80286 risultino completamente compatibili è necessario far lavorare il secondo in modo reale: ciò si ottiene impostando il microprocessore con questa modalità già all'avviamento.

Un altro aspetto curioso è dovuto al fatto che anche se il 286 è in grado di gestire 16 Mbyte di memoria, può operare con al massimo 1 Mbyte a causa delle limitazioni imposte dal sistema operativo. Inoltre, i primi programmi applicativi sono stati pensati per utilizzare esclusivamente la memoria utente, perché lo spazio da loro richiesto era soddisfatto da questa capacità; di conseguen-

*Al di sopra della memoria utente si trovano le allocazioni di memoria riservate all'installazione delle schede video, al BIOS dell'hard disk, ecc.*

*I sistemi operativi DOS (sia MS-DOS della Microsoft che DR-DOS della Digital Research) sono dotati di gestori di memoria propri*

*Il controller per la memoria espansa utilizza 64 Kbyte di memoria alta per generare diverse pagine e indirizzare la memoria rimanente che, in altro modo, non potrebbe essere utilizzata*

za non è stata prevista la possibilità di impiegare anche la parte rimanente della memoria. Successivamente, per mantenere la compatibilità tra gli elaboratori in ordine decrescente, le nuove versioni dei programmi sono state sviluppate per sfruttare questa zona di memoria, che è quella gestibile da un XT.
Altri sistemi operativi invece, quali l'UNIX, lo XENIX, l'OS/2, ecc., non presentano questo problema poiché fanno lavorare il 286 (e i micro superiori) in modalità riservata, ottenendo dal sistema prestazioni migliori.

*Chip di memoria con capacità 4x64 Kbit utilizzati per ottenere i 128 Kbyte che completano i 640 Kbyte della memoria utente*

Di pari passo all'evoluzione tecnologica nella costruzione dei PC, che ha permesso l'abbattimento dei prezzi e l'accessibilità anche al grande pubblico, è avvenuto il graduale abbandono dei vecchi XT. Contemporaneamente si è rinunciato alla compatibilità software con gli XT, mentre è stata mantenuta quella con i 286; attualmente anche questa comincia a risultare obsoleta, e alcuni dei nuovi software possono essere eseguiti esclusivamente da processori 386 o successivi.
Le ultime versioni dei software immessi in commercio sono state sviluppate per applicazioni che superano il problema della limitazione di memoria imposto dal sistema operativo. Questi programmi sono aumentati di dimensione ed hanno agevolato l'utilizzo di tutta la memoria controllabile da parte del microprocessore; contemporaneamente il sistema operativo è stato implementato con programmi specifici dedicati proprio alla gestione della memoria.
Attualmente i sistemi operativi DOS (sia l'MS-DOS della Microsoft che il DR-DOS della Digital Research) sono tutti dotati di programmi personalizzati per la gestione della memoria. Quando un generico programma che utilizza la zona alta della memoria prova ad accedere ad

una qualsiasi zona riservata ai dispositivi che sono installati nel personal, i gestori di memoria del sistema operativo intervengono e lo reindirizzano verso posizioni di memoria più alte, in modo da evitare la sovrascrittura dei programmi stessi.

Alcune volte l'espansione di memoria viene eseguita per mezzo di dispositivi esterni, come ad esempio le schede di espansione; in questo caso le schede stesse sono dotate di programmi specifici e personalizzati per la gestione della memoria, che intervengono sul sistema operativo per il riconoscimento e la gestione dell'espansione stessa.

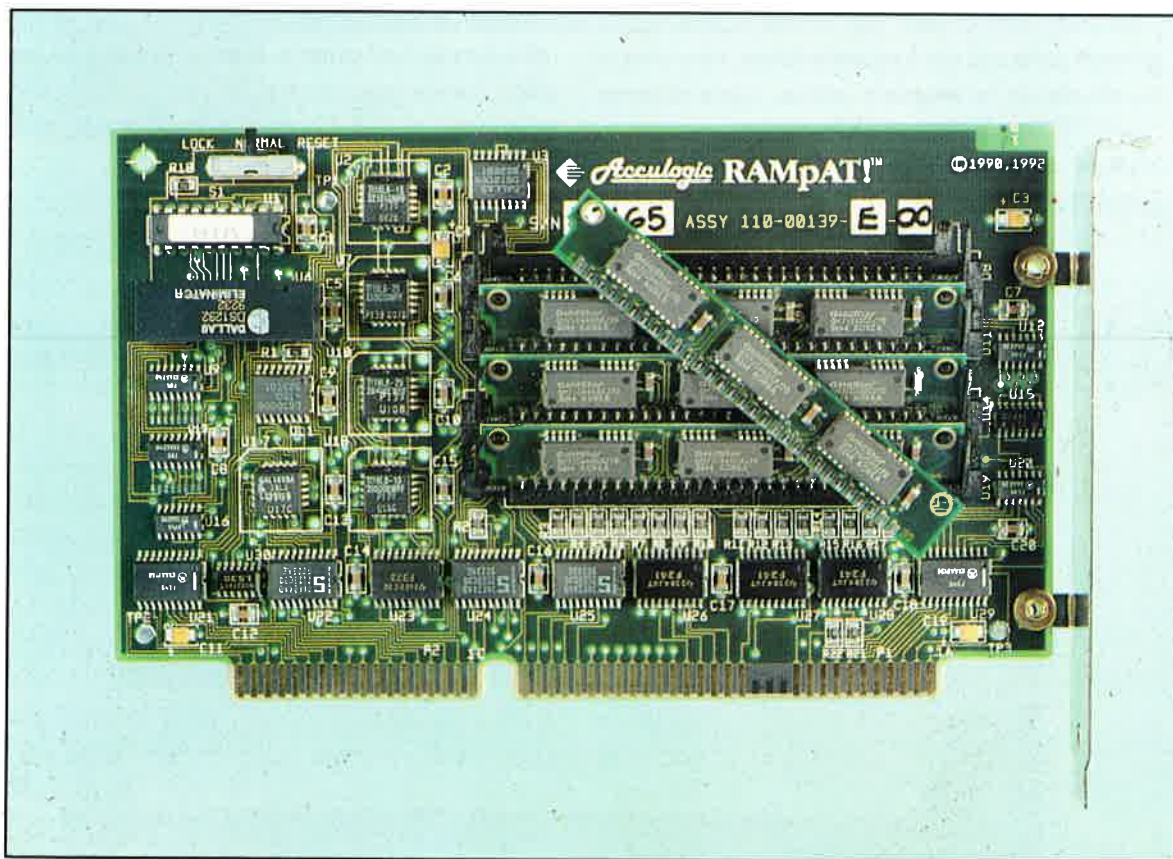
## *MEMORIA ESTESA E MEMORIA ESPANSA*

Per coloro che si avvicinano per la prima volta ad un computer, e iniziano a scontrarsi con i misteri di questo mondo così appassionante, deve risultare piuttosto arduo comprendere il concetto di memoria estesa (Extended Memory) e di memoria espansa (Expanded Memory), soprattutto a causa della somiglianza dei nomi e per il significato che queste parole hanno nel linguaggio comune, che può dare origine a malintesi.

La memoria estesa è facilmente definibile, grazie al fatto che tutti i computer della serie AT sono in grado di indirizzare più di 1 Mbyte di RAM. Tutta la parte di memoria che sta al di sopra di questo Mbyte viene definita memoria estesa. Questa memoria può essere o meno installata, ma il computer sarà sempre in grado di gestirla.

In molti casi, soprattutto per la maggior parte dei 286, questa memoria non è supportata dal sistema operativo per l'esecuzione dei programmi. Ciò non vuol dire che questa memoria è inutile perché, anche se non può essere sfruttata per l'esecuzione dei programmi, può essere utilizzata per creare delle unità disco virtuali. Con queste unità disco è possibile accelerare le operazioni di alcuni programmi che richiedono frequenti accessi alle unità disco vere e proprie, che sono ovviamente più lente rispetto alla memoria RAM. Occorre però ricordare che tutte le informazioni relative al disco virtuale vengono perse quando si

***Tutta la parte di memoria al di sopra del primo Mbyte viene definita memoria estesa***

*Scheda e SIMM di memoria. Si possono osservare le diverse opzioni disponibili per eseguire un'espansione di memoria*

*Circuiti integrati con capacita di 1 Mbit*

spegne il calcolatore o si esegue un reset dello stesso per cui, prima di scollegare o resettare il computer, è necessario eseguire il salvataggio dei dati su un supporto magnetico fisico (hard disk o floppy disk).

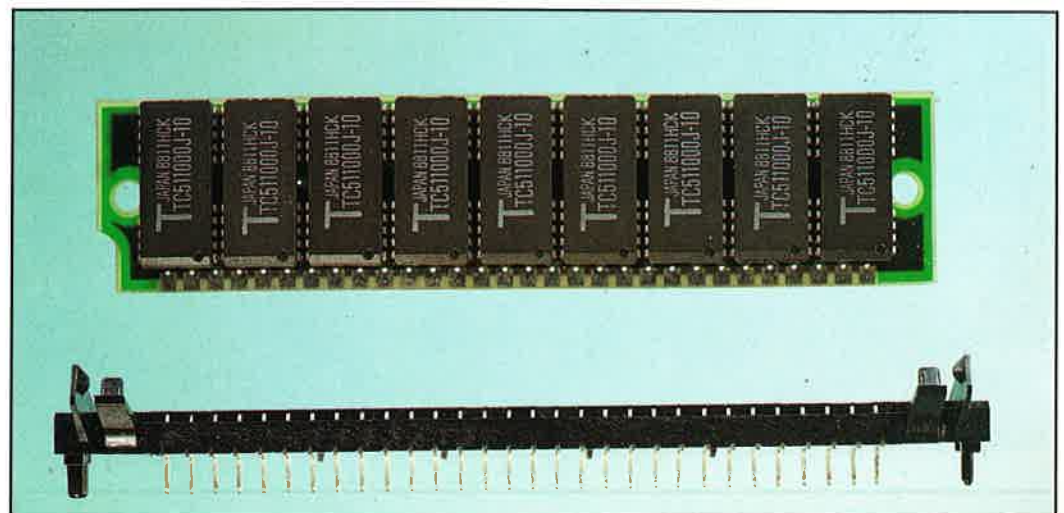
I personal computer della serie 386 e 486 gestiscono questa memoria in modo molto più efficace, poiché i sistemi operativi attuali (MS-DOS versione 5.0 e successive, e DR-DOS versione 6.0 e successive) sono dotati di gestori di memoria particolari nati proprio per questo scopo. I programmi utilizzati più frequentemente, che lavorano sfruttando la memoria estesa, generalmente non richiedono capacità della stessa superiore ai 4 Mbyte. Tuttavia, i programmi più avanzati, e più specialistici, hanno bisogno di una configurazione minima di memoria non inferiore a 4 Mbyte, se non addirittura superiore; non è quindi difficile prevedere che in un futuro non troppo lontano questa quantità di memoria minima dovrà essere aumentata per poter operare con certi programmi applicativi.

Quanto detto può essere facilmente verificato se si pensa che fino a poco tempo fa gli elaboratori montavano solamente 1 o 2 Mbyte di memoria sulla scheda madre, mentre attualmente tutti i computer 386 e 486 vengono forniti con un minimo di 4 Mbyte.

La memoria espansa, al contrario, è una parte di memoria compresa tra 640 Kbyte e il primo Mbyte (indirizzabile da tutti i microprocessori, compresi l'8086 e l'8088 utilizzati dagli elaboratori della serie XT); ciò vuol dire che è localizzata nella cosiddetta memoria alta.

Gli spazi disponibili nella memoria alta sono riservati alla memoria video, al BIOS e alle routine della ROM. Sommando gli intervalli di memoria occupati da tutti questi dispositivi, si può facilmente verificare che rimane libera una porzione di memoria di 64 Kbyte non utilizzata da alcun dispositivo e non riservata ad alcuna funzione particolare. Questo intervallo di memoria libero è localizzato tra i 768 e gli 832 Kbyte.

Tuttavia, questa parte di memoria può essere utilizzata esclusivamente tramite un software specifico, come può essere lo standard LIM-EMS sviluppato in collaborazione dalla Lotus, dalla Intel e dalla Microsoft.

*Dettaglio dello zoccolo di inserzione di una SIMM. Questo sistema rende più facile la sua connessione alla scheda madre*

*Attualmente, quasi tutti i computer 386 e 486 vengono equipaggiati con almeno 4 Mbyte di RAM*

# LE SOTTOFAMIGLIE TTL

**La famiglia logica TTL è formata da diverse varianti che prevedono semplicemente delle particolari modifiche rispetto al circuito di base; queste varianti consentono di ottenere delle prestazioni migliori, esaltando alcune caratteristiche rispetto ad altre, e vengono normalmente utilizzate per costruire i diversi circuiti digitali che sono attualmente presenti in commercio.**

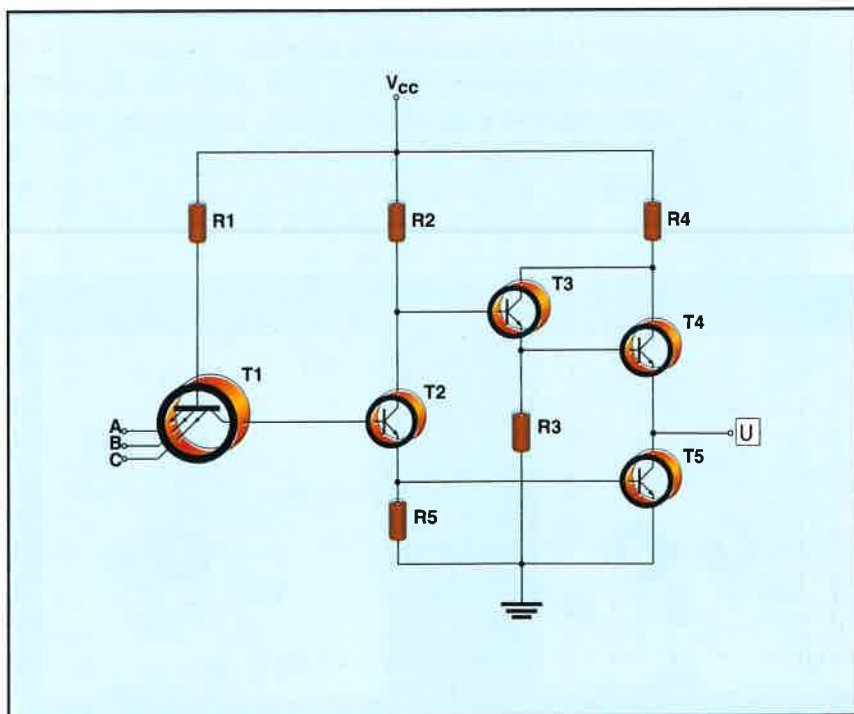
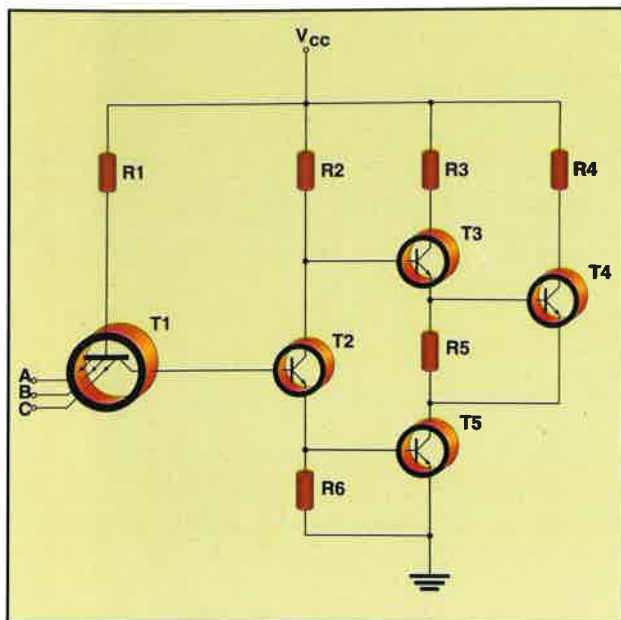
Tra le diverse sottofamiglie della logica TTL si segnalano le seguenti:

- *TTL ad alta velocità o TTL/H*
- *TTL a bassa dissipazione o TTL/LP*
- *TTL Schottky o TTL/S*
- *TTL Schottky a bassa dissipazione o TTL/LS*
- *TTL Schottky avanzate o TTL/ALS*

## *LA FAMIGLIA TTL/H*

Alcune variazioni sul circuito di base consentono di ottenere velocità di commutazione più elevate. La velocità di commutazione è funzione principalmente del *tempo di immagazzinamento* delle cariche nei componenti attivi e delle *costanti di tempo*, ed è quindi possibile aumentarla diminuendo gli effetti dovuti a questi due fattori.

Per ridurre il tempo di immagazzinamento delle cariche, definite anche portatori, nei componenti attivi si fa ricorso a un procedimento tecnologico innovativo: la diffusione di oro detta anche *tecnica gold killing*. L'oro introduce due livelli di energia, uno accettore e l'altro donatore, situati entrambi tra la banda di valenza e quella di conduzione. Questi livelli favoriscono la ricombinazione delle cariche, poiché agiscono come centri di *cattura*

*Famiglia TTL ad alta velocità, nella quale è visibile l'uscita Darlington*

*La bassa dissipazione delle porte TTL standard ha portato allo sviluppo della famiglia TTL/LP*

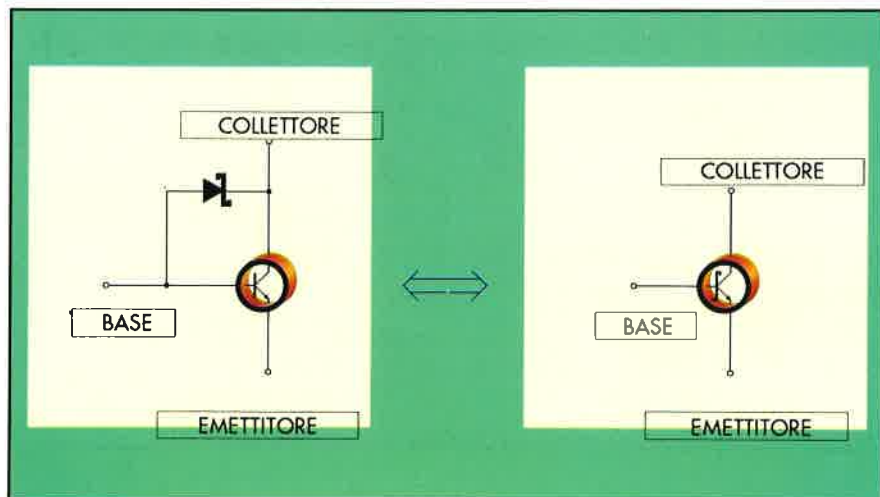
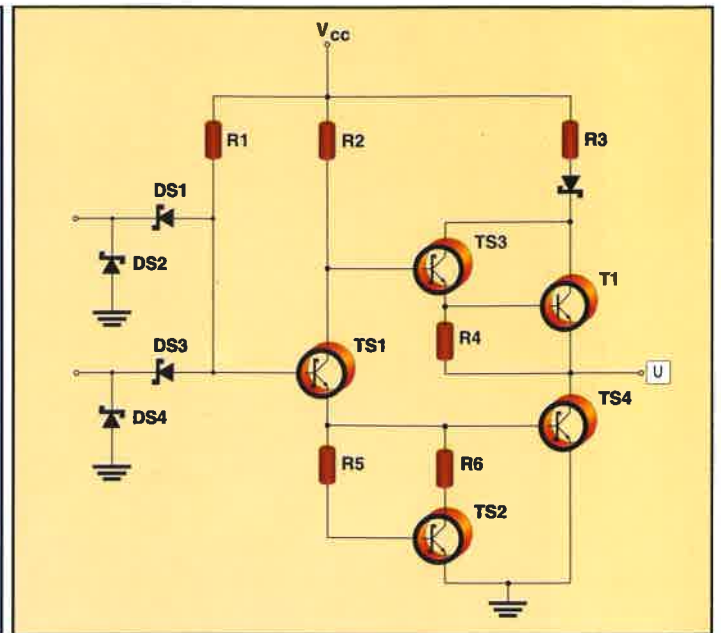
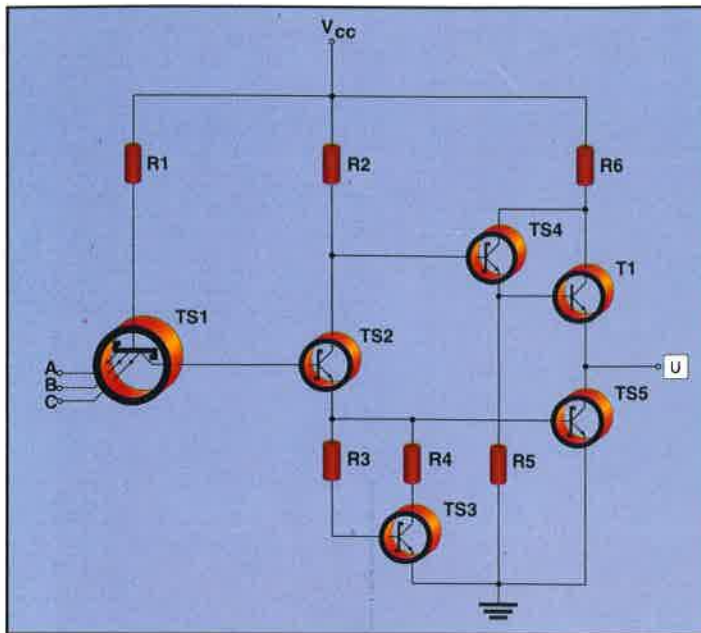
(trapping center) posti approssimativamente al centro della banda proibita.
Come conseguenza, la probabilità che gli elettroni e le lacune provenienti dalla banda di conduzione e da quella di valenza hanno di venire catturati da questi centri, e perciò ricombinati, è molto più alta rispetto alla probabilità che queste cariche hanno di "saltare" direttamente da una banda all'altra.
L'effetto risultante di questa operazione è la notevole diminuzione del tempo di vita dei portatori minoritari e, pertanto, del tempo di immagazzinamento.
Per diminuire le costanti di tempo invece, si dovrà cercare di ridurre il valore delle resistenze; come conseguenza si avranno correnti più elevate, e perciò una dissipazione maggiore. Il circuito tipico di queste porte ad alta velocità di commutazione è riportato nella figura corrispondente. In questo circuito è stato sostituito il diodo, presente nel circuito standard esaminato nel capitolo precedente, con un transistor che, in combinazione con T3, forma un Darlington. Il transistor equivalente presenta un guadagno molto più alto e, pertanto, l'impedenza di uscita a livello alto diminuisce proporzionalmente all'aumento del guadagno.
Come si può osservare, il transistor di uscita del Darlington non può saturarsi, poiché la tensione collettore-emettitore minima è determinata dalla tensione di saturazione del transistor di ingresso più la tensione della sua giunzione base-emettitore.
D'altra parte, le cariche immagazzinate nella base di T3 vengono rapidamente assorbite da T2 quando questo entra in conduzione. Di conseguenza la commutazione del Darlington in saturazione è immediata.
Un'altra importante modifica nei circuiti ad alta velocità è la sostituzione della resistenza R5 in parallelo alla giunzione base-emettitore di T5 con un'altro transistor.

## *La famiglia TTL/LP*

Queste porte sono praticamente uguali alle TTL standard; l'unica variazione consiste nella diversità dei valori delle resistenze, in questo caso maggiori, che consente di ottenere una minor dissipazione di potenza. In questa famiglia logica i valori tipici per le resistenze sono: R1 = 40 kΩ, R2 = 20 kΩ, R4 = 0,5 kΩ e R5 = 12 kΩ.
Sono utilizzate in circuiti dove il basso assorbimento è il fattore limitativo principale, e presentano un buon compromesso tra velocità e dissipazione. Nella figura corrispondente si può osservare il circuito fondamentale relativo a questa famiglia. Lo stadio di uscita permette che la tensione corrispondente al livello alto in uscita sia uguale alla tensione di alimentazione meno la caduta di tensione base-emettitore con correnti quasi nulle.

*I diodi Schottky danno origine a una famiglia molto particolare: la TTL Schottky o TTL/S*

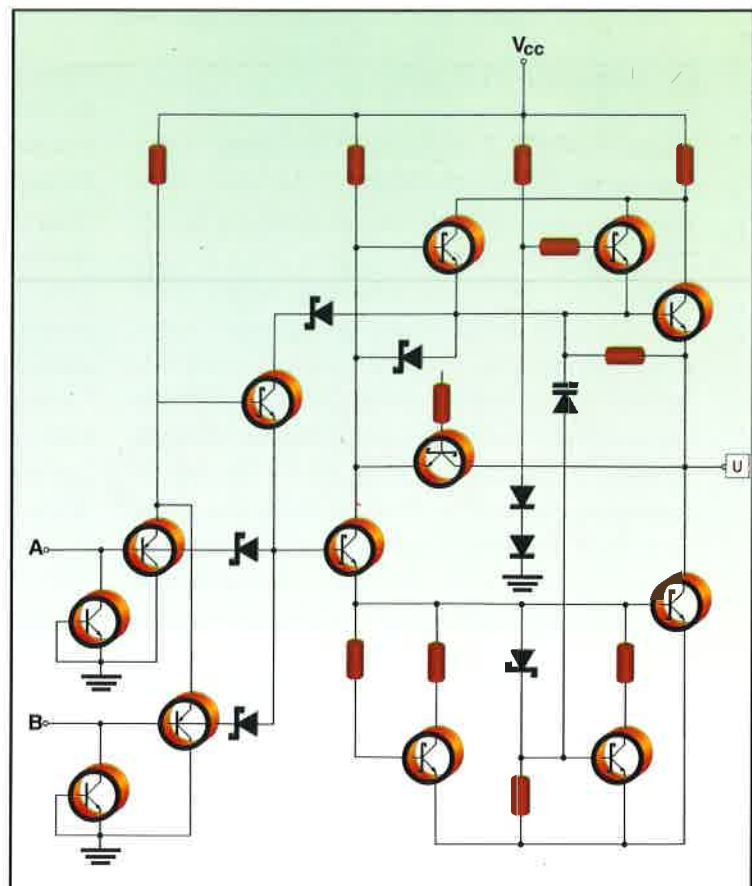
## *La famiglia TTL/S*

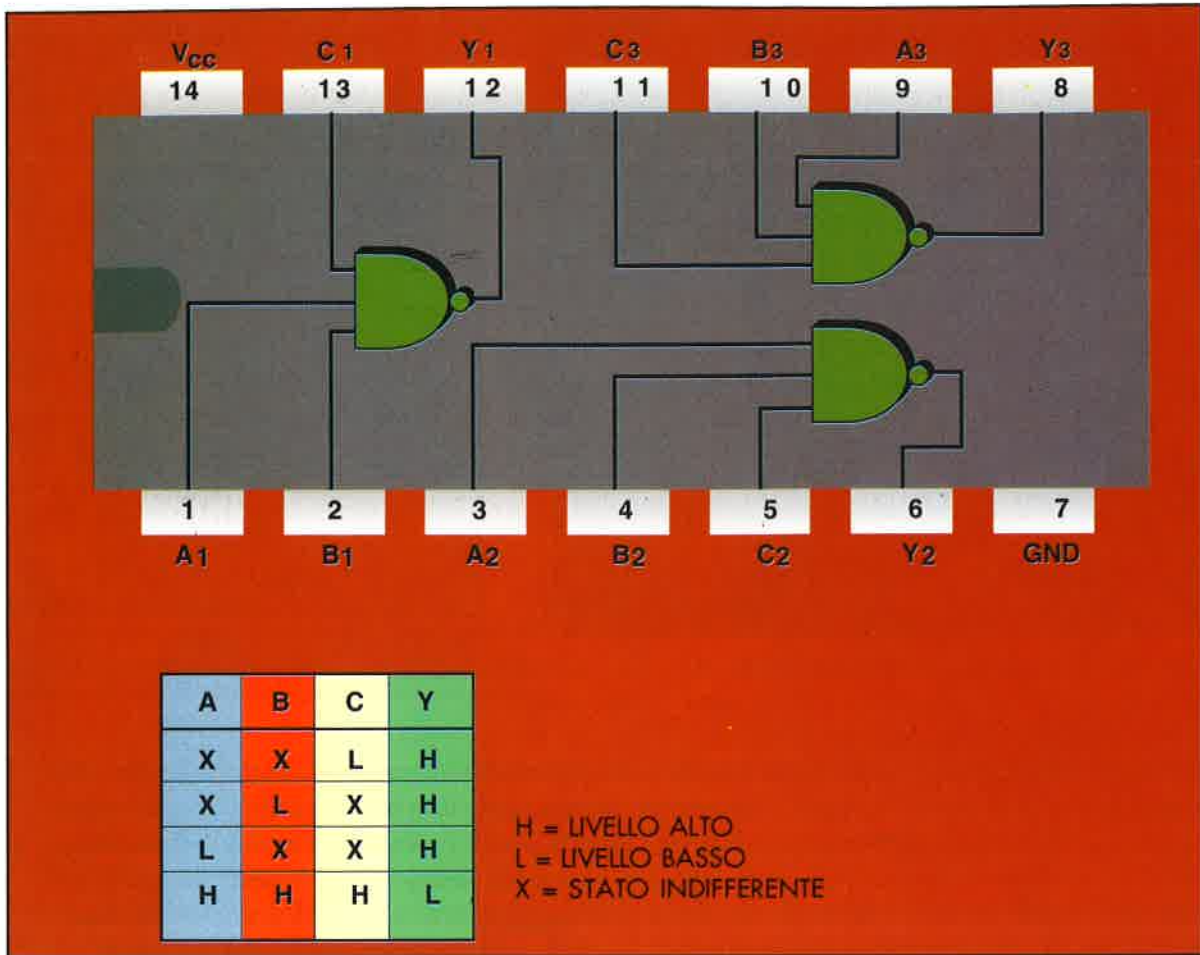
Un altro metodo per ottenere alte velocità è quello di evitare la saturazione completa dei transistor. Il sistema più semplice per evitare che i transistor si saturino è quello di impedire la polarizzazione diretta della

*I transistor Schottky sono predominanti nelle porte TTL/S*

*Nella famiglia TTL Schottky a bassa dissipazione il transistor multiemettitore di ingresso viene sostituito con dei diodi Schottky in opposizione*

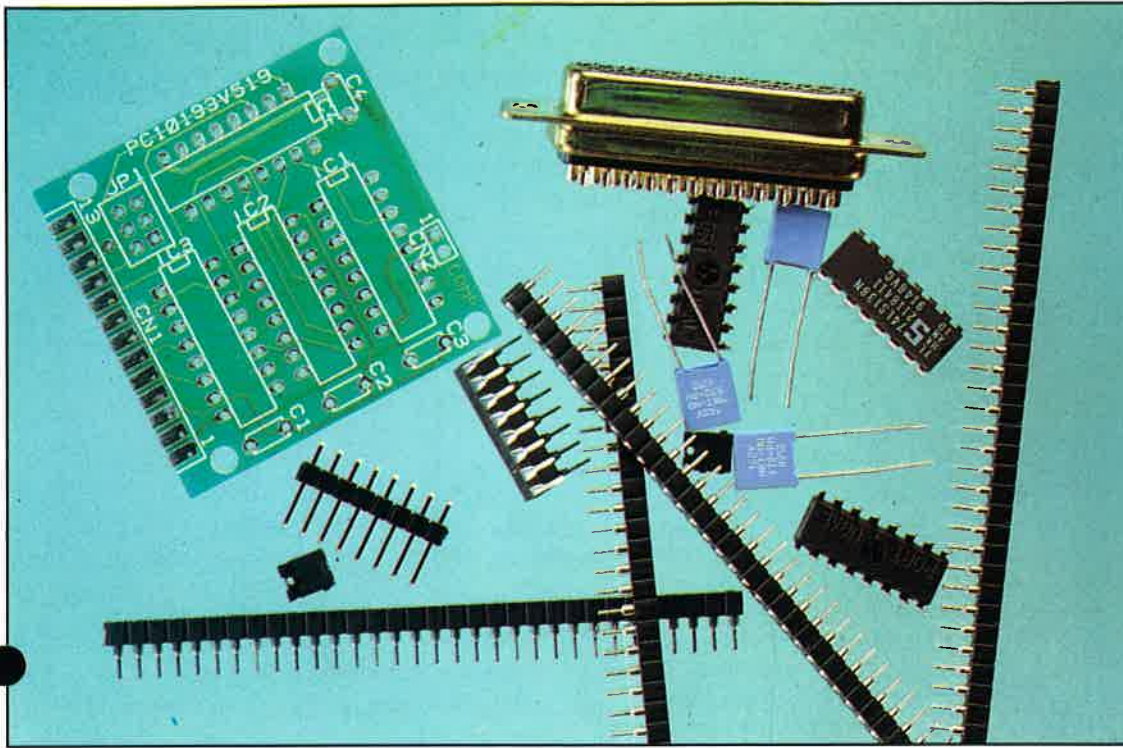
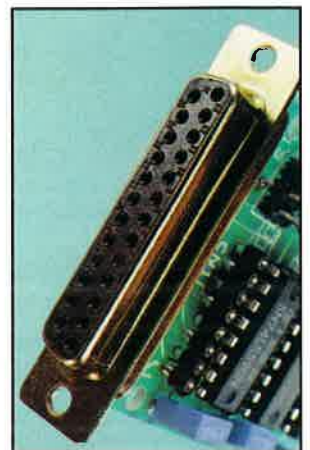
giunzione collettore-base; ciò si ottiene inserendo in parallelo a quest'ultima un diodo al germanio o un diodo Schottky che, quando è in conduzione, limita la tensione collettore-base a un valore inferiore a quello corrispondente alla saturazione. Il diodo Schottky è molto rapido, poiché non immagazzina cariche; anche il processo tecnologico che sta alla base della sua fabbricazione è relativamente semplice.

Poiché l'alluminio è un elemento accettore, quando viene depositato sul silicio di tipo N tende a creare una giunzione metallo-semiconduttore invece del normale contatto ohmico. Per costruire direttamente il diodo in parallelo tra la base e il collettore del transistor è perciò sufficiente non diffondere i portatori di tipo N nella zona di collettore, ma depositare direttamente l'alluminio sul contatto dello stesso in modo da favorire la formazione di un diodo metallo-semiconduttore; risulta perciò costruttivamente semplice ottenere la struttura riportata nella figura corrispondente.

Una variante a questa sottofamiglia logica è costituita dalle porte TTL-Schottky ad alta velocità, o TTL/F, caratterizzata dal fatto che tutti i transistor, che normalmente si saturano nella TTL standard, sono dotati di un *clamp-Schottky*. Si può osservare che su T1 non è necessario il diodo in quanto il circuito formato da TS3 e TS5 è del tipo descritto in precedenza. I principali inconvenienti di questa famiglia sono la maggior dissipazione e l'aumento della tensione di uscita a livello basso, che comporta una maggiore immunità al rumore.

*Le porte TTL/AL sono un miglioramento delle TTL/LS; con queste è possibile ottenere una diminuzione dell'assorbimento di potenza del cinquanta per cento*

| A | B | C | Y |
|---|---|---|---|
| X | X | L | H |
| X | L | X | H |
| L | X | X | H |
| H | H | H | L |

*Il numero di porte logiche contenute in un circuito integrato commerciale dipende dal numero degli ingressi di ciascuna porta*

## *La famiglia TTL/LS*

Questa famiglia è destinata a diventare la più importante delle sottofamiglie TTL. La figura corrispondente può dare un'idea di quale sia la sua configurazione circuitale.
Come si può facilmente osservare, queste porte non utilizzano come circuito di ingresso il transistor multiemettitore, al quale si deve il nome TTL, ma una configurazione di tipo DTL, che permette una maggior rapidità e un aumento della tensione di rottura sino a valori prossimi ai 15 V. Su ciascun ingresso è presente un diodo Schottky che limita l'ampiezza di eventuali picchi negativi e minimizza il "ringing" nelle interconnessioni. La capacità di un ingresso di questa porta TTL/LS è di circa 3,3 pF.
Anche il circuito di uscita presenta delle differenze rispetto a quello TTL convenzionale. La base del transistor T1, che forma la connessione Darlington, viene collegata all'uscita attraverso la resistenza R4, riducendo in questo modo la dissipazione di potenza e consentendo che, per correnti di uscita basse, la tensione di uscita a livello alto differisca dalla tensione di alimentazione della sola caduta di tensione base-emettitore.
Sulla base dell'altro transistor di uscita TS4 è presente un circuito simile a quello descritto in precedenza per la famiglia TTL/H, che prevede l'inserimento di un transistor in parallelo tra la base stessa e la massa.
Una variante particolare si ottiene impiegando un diodo Schottky in serie al collettore di T1. Questo diodo consente di avere sull'uscita tensioni superiori a quella di alimentazione.
Esiste una famiglia di recente sviluppo, chiamata TTL/ALS, che ha un assorbimento di potenza inferiore del 50% rispetto alla TTL/LS; il suo schema fondamentale è illustrato nella figura corrispondente.

# CONTATORE PER FREQUENZIMETRO

**Il mondo della strumentazione elettronica si è sviluppato alla stessa velocità dei sistemi basati sui microprocessori, unendo le potenzialità dei sistemi di misura tradizionali alle capacità di calcolo e visualizzazione dei computer.**

*Si possono trovare in commercio molte schede di strumentazione, già predisposte per poter essere collegate al computer*

Il grande vantaggio che presentano i sistemi di strumentazione computerizzati è rappresentato dall'economicità degli strumenti, poiché non è necessario dotarli di indicatori, schermi, commutatori, contenitori e altri elementi che contribuiscono a rendere elevato il costo degli strumenti tradizionali, poiché sono sostituiti da programmi particolari che emulano il pannello frontale del dispositivo.

*Il contatore viene collegato al computer tramite il decodificatore di indirizzi. Gli integrati IC1, IC2 e IC3 hanno il compito di eseguire il conteggio e lo scambio dei dati con il computer, mentre IC4 agisce come decodificatore secondario*

In commercio sono reperibili moltissimi strumenti a scheda, predisposti per essere collegati al computer, quali multimetri, oscilloscopi o generatori di forme d'onda; inoltre, esistono diversi programmi in grado di controllare questi strumenti che ne permettono la manipolazione come se si agisse sul corrispondente pannello frontale reale, con l'aggiunta però della capacità di elaborazione dei dati del computer che permette la realizzazione di complesse analisi matematiche sui dati misurati.

## FREQUENZIMETRO DIGITALE

*Viene proposto un frequenzimetro basato su contatori digitali e controllato da PC*

Molte delle realizzazioni pratiche che normalmente si affrontano richiedono quasi sempre delle regolazioni legate alla frequenza di un oscillatore. Se non si ha a disposizione uno strumento adeguato è impossibile riuscire ad eseguire una regolazione precisa del circuito, per cui può capitare frequentemente che lo stesso presenti un funzionamento non corretto. Per realizzare questo tipo di misura possono essere seguite diverse strade. La più semplice richiede l'impiego di un convertitore frequenza/tensione, nel quale il valore della tensione di uscita è proporzionale alla frequenza applicata in ingresso. La precisione di questa misura è funzione della tolleranza e della deriva dei componenti utilizzati, ed è valida solamente per valori di frequenza piuttosto bassi. Una misura più precisa richiede l'utilizzo di un contatore digitale. Con questo strumento le variazioni del segnale di ingresso vengono convertite in livelli TTL e contate da appositi circuiti durante un lasso di tempo che viene definito *finestra temporale di acquisizione*. Se la finestra è di 1 secondo, il conteggio del contatore rappresenterà la frequenza esatta; se però si riduce la finestra della metà, il valore reale della frequenza si otterrà moltiplicando per due il valore misurato. In queste pagine viene proposto un frequenzimetro basato su contatori digitali e controllato dal PC, che non si vuole confrontare in qualità o complessità con i dispositivi professionali ai quali si faceva riferimento in precedenza, ma che presenta comunque una precisione elevata che lo rende uno

strumento indispensabile per buona parte degli appassionati di elettronica. Questo frequenzimetro è composto da tre unità: due circuiti e un software di controllo. Il primo circuito è costituito da un contatore TTL che esegue il conteggio delle variazioni di stato subite dal segnale applicato all'ingresso. Il secondo circuito rappresenta un selettore di ingressi, che consente di aumentare le potenzialità dello strumento poiché da la possibilità di misurare segnali in bassa frequenza, in radiofrequenza e TTL, grazie ad un oscillatore interno che effettua la calibrazione automatica del contatore. Il terzo elemento è rappresentato dal software di controllo, che gestisce tutte le funzioni di entrambi i circuiti e simula il pannello di controllo frontale di un frequenzimetro reale.

*L'utilizzo dei terminali torniti al posto degli zoccoli tradizionali rende più semplice, quando richiesto, l'operazione di saldatura sul lato componenti del circuito stampato*

*Il circuito integrato 74LS590 costituisce la base del contatore*

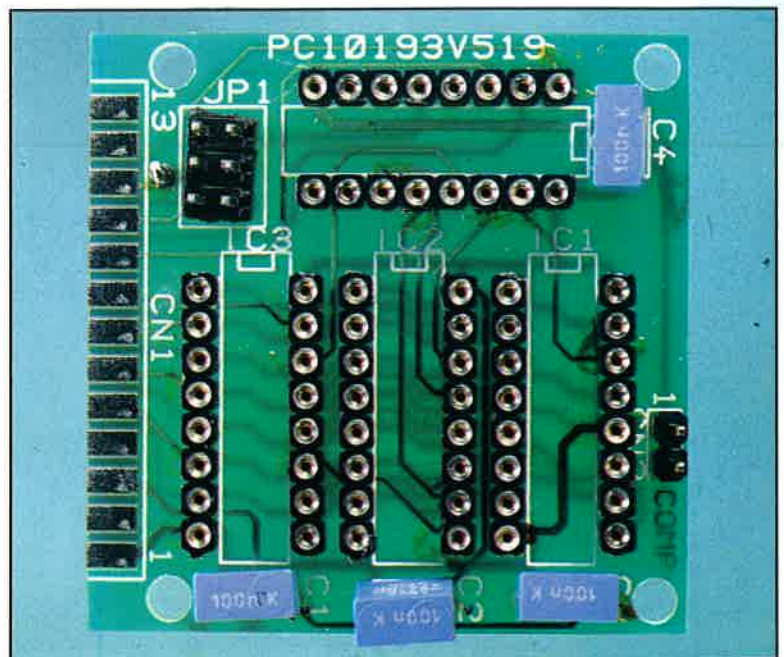
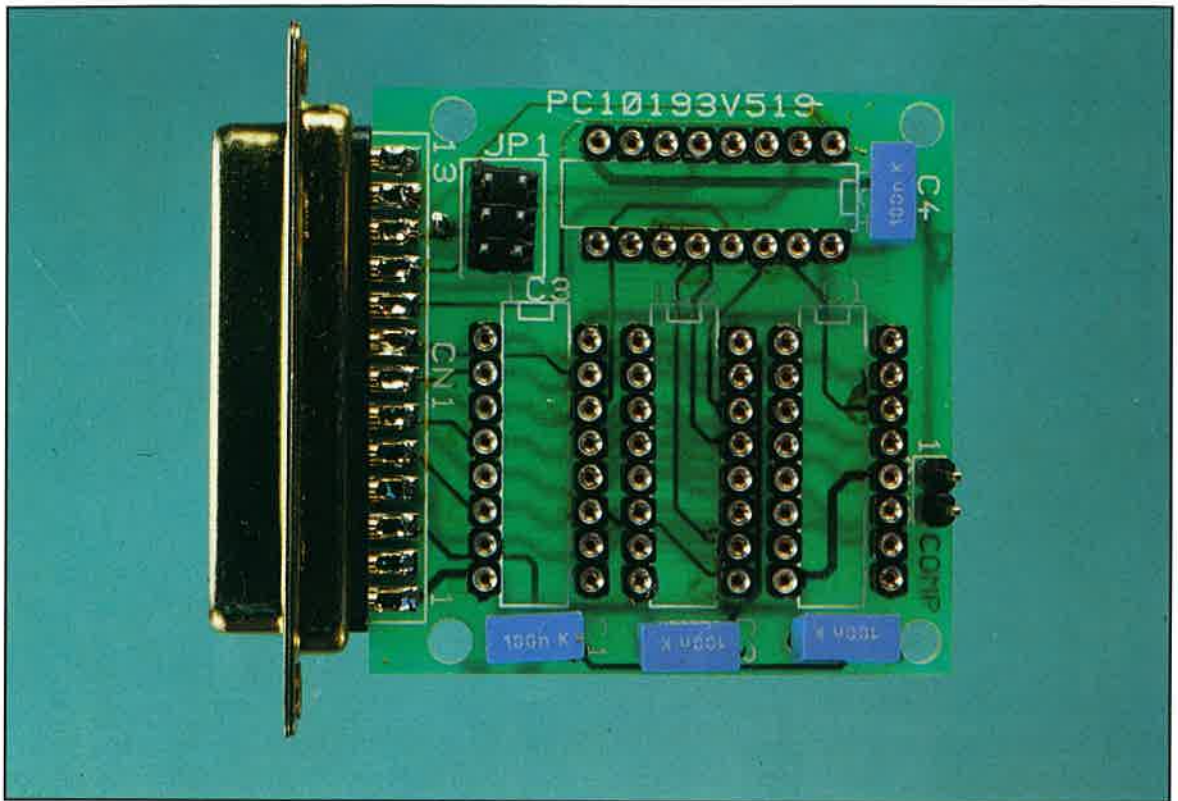
## CIRCUITO DEL CONTATORE DIGITALE

Per ridurre al massimo la complessità del circuito contatore è stata eliminata tutta la circuiteria di decodifica degli indirizzi e dei buffer di isolamento tra l'elaboratore e la scheda. Infatti, si è previsto di collegare quest'ultima al decodificatore di indirizzi sviluppato nei capitoli precedenti, tramite il connettore CN1. Questo dispositivo ha il compito di realizzare le funzioni di decodifica, indirizzamento e isolamento necessarie, e fornire l'alimentazione richiesta dal contatore. Nello schema elettrico del circuito si possono distinguere due blocchi funzionali. Il primo di questi è il contatore propriamente detto, mentre il secondo funge da decodificatore di secondo ordine per controllare il funzionamento del primo.

## IL CONTATORE

Il circuito integrato 74LS590 costituisce la base del contatore. Si tratta di un contatore binario a 8 bit con registro di uscita a tre stati. Collegando tre circuiti in cascata si ottiene un contatore a 24 bit, che consente un conteggio massimo di 16.777.216 impulsi. Quando il primo contatore IC1 raggiunge la sua massima capacità di conteggio, che corrisponde a 255, il segnale RCO passa a livello basso. Questo segnale viene inviato all'ingresso di clock del secondo contatore, che incrementa il suo conteggio di una unità. Anche IC2, quando raggiunge la sua massima capacità di conteggio genera il segnale RCO che, inviato ad IC3, ne incrementa il conteggio di una unità.

In questa situazione, il bit più significativo (MSB) corrisponde a QH del terzo contatore IC3, mentre il meno significativo (LSB) è QA del primo contatore IC1. Il segnale CCKEN sul terminale 12 dei tre contatori è collegato a massa, per cui si trovano sempre tutti in condizione di conteggio. Questo fatto può apparire contraddittorio, poiché per fare una corretta misura della frequenza il conteggio deve avvenire in un tempo determinato. Il problema si risolve sfruttando i segnali RCK (terminale

*Il connettore CN2 e il selettore JP1 costituiscono dei terminali di programmazione. I quattro condensatori sono identici, e devono essere saldati su entrambe le facce dello stampato*

*I terminali del connettore CN1 devono essere perfettamente allineati con le rispettive isole. Se così non fosse, durante la saldatura potrebbero verificarsi dei cortocircuiti di complessa rimozione*

13) e CCLR (terminale 10); il primo esegue il caricamento del registro di uscita, mentre il secondo cancella il contenuto del contatore. Entrambi i segnali agiscono contemporaneamente sui tre integrati, in modo che l'intervallo di misura corrisponda al tempo compreso tra la cancellazione dei contatori e il caricamento dei registri. Il segnale G (terminale 14) controlla lo stato dell'uscita di ciascun registro. Quando è a livello alto l'uscita rimane in alta impedenza, mentre quando passa a livello basso viene presentato il dato memorizzato nel registro. Come si può osservare, le uscite sono collegate al bus dati del decodificatore di indirizzi, e il controllo dello stato di ciascun registro viene eseguito in modo indipendente per permettere all'utente di selezionare quale di questi accede al bus dati.

*Il circuito integrato 74LS138, IC4, è un decodificatore da 3 ad 8 linee con uscite attive a livello basso*

## DECODIFICA

Per controllare il funzionamento del contatore vengono utilizzati cinque diversi segnali. Il circuito decodificatore di indirizzi controlla solamente tre indirizzi primari, da CE1 a CE3, per cui per ottenere il numero dei segnali necessari si deve far ricorso a una seconda decodifica del bus indirizzi. L'integrato 74LS138, IC4, è un decodificatore da 3 a 8 linee con uscite attive a livello basso, che viene impiegato come decodificatore di secondo ordine. Il circuito viene attivato quando G2A e G2B commutano a livello basso. Entrambi i terminali sono collegati al selettore di indirizzi JP1, che consente di scegliere l'indirizzo primario del contatore tra CE1, CE2 e CE3. Quando il circuito di decodifica degli indirizzi porta a livello basso l'uscita selezionata su JP1, IC4 attiverà l'uscita corrispondente ai tre bit più bassi del bus indirizzi collegati ai suoi ingressi A, B e C. In questo modo, per la combinazione 000 l'uscita Y0 di IC4 commuta a livello basso, mentre per la combinazione 111 viene attivata l'uscita Y7. Se l'indirizzo primario selezionato su JP1 è CEX, gli indirizzi della mappa di I/O del computer che corrispondono alle funzioni del contatore sono:

- *CEX = lettura registro del primo contatore;*
- *CEX+1 = lettura registro del secondo contatore;*
- *CEX+2 = lettura registro del terzo contatore;*
- *CEX+3 = reset dei tre contatori;*
- *CEX+4 = caricamento registri dei tre contatori (fronte di salita).*

### *SEQUENZA DI MISURA*

Se si desidera misurare la frequenza di un segnale TTL applicato al terminale 11 di IC1 tramite il connettore CN2, bisogna seguire la sequenza di operazioni riportata di seguito:

**1** - eseguire un accesso all'indirizzo CEX + 3, in modo da resettare tutti i contatori. L'accesso può essere di lettura o di scrittura, poiché in questo caso il dato inviato o letto è irrilevante;

**2** - attendere per un tempo leggermente inferiore a 1 secondo, in modo che la lettura dei contatori corrisponda alla frequenza del segnale;

**3** - eseguire un accesso all'indirizzo CEX + 4, sul fronte di salita del segnale Y4; il dato presente nei contatori viene inviato ai registri, dove non potrà più essere modificato finché non viene eseguito un nuovo caricamento degli stessi;

**4** - leggere l'indirizzo CEX e memorizzarlo in una variabile, ad esempio F1; eseguire la stessa operazione per gli indirizzi CEX + 1 e CEX +2, utilizzando rispettivamente le variabili F2 e F3;

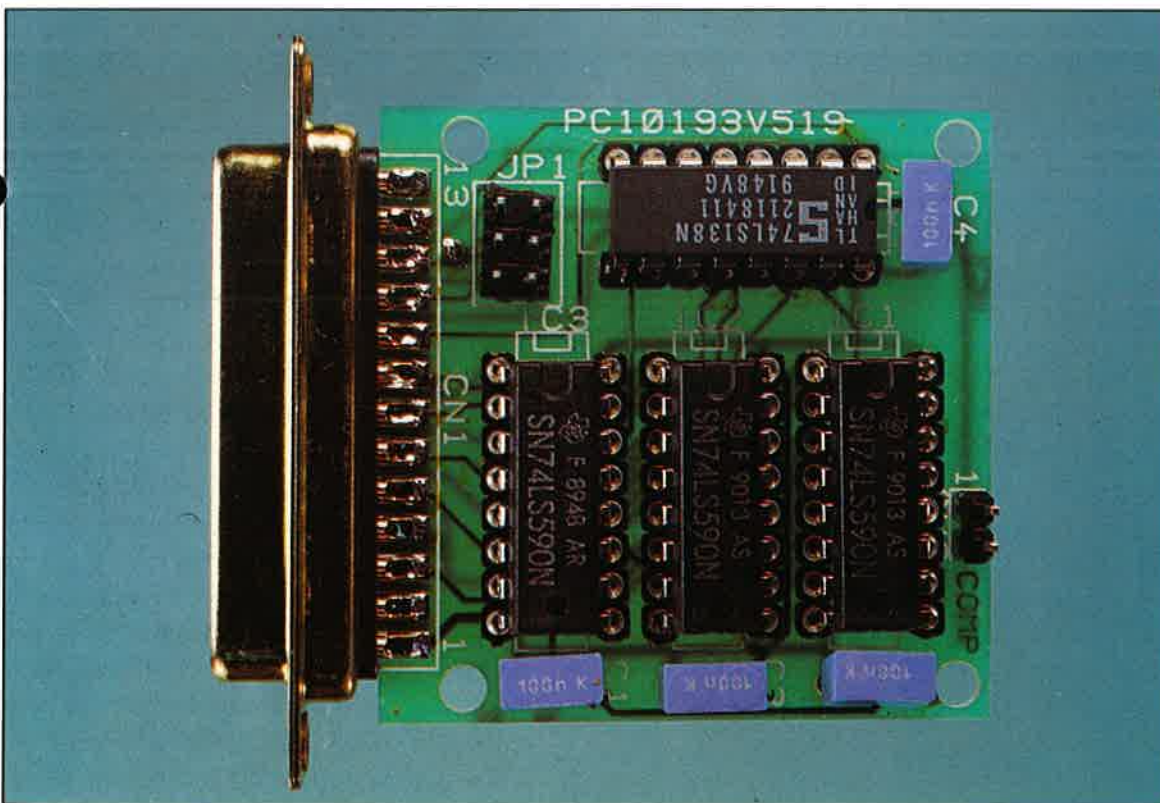
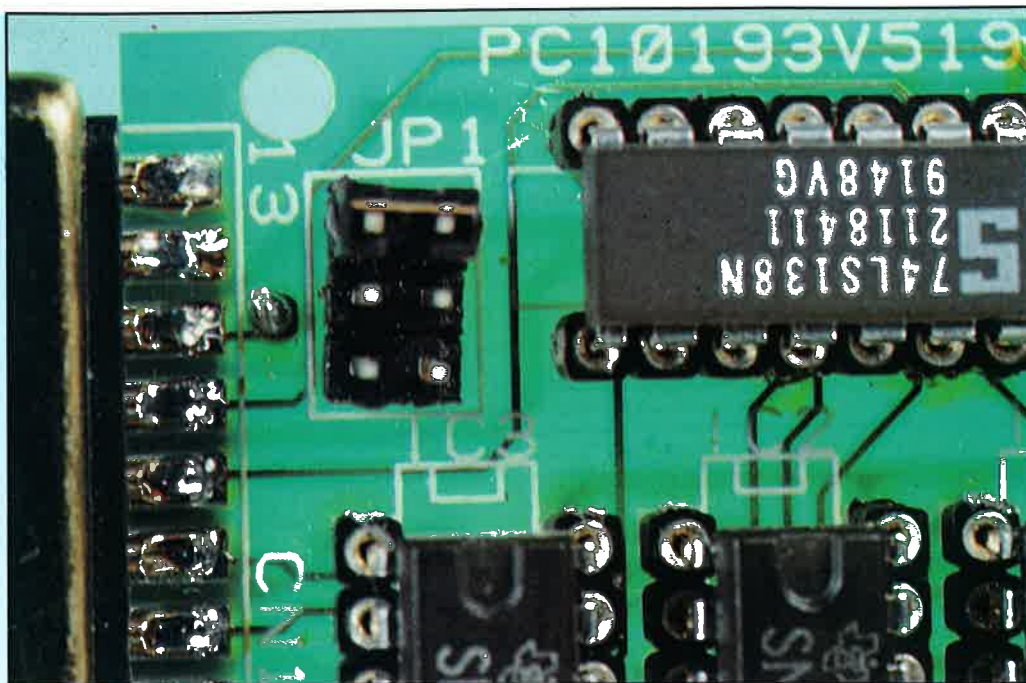
**5** - la frequenza del segnale applicato è fornita dall'espressione:

$$F = F1 + (256 \times F2) + (65536 \times F3)$$

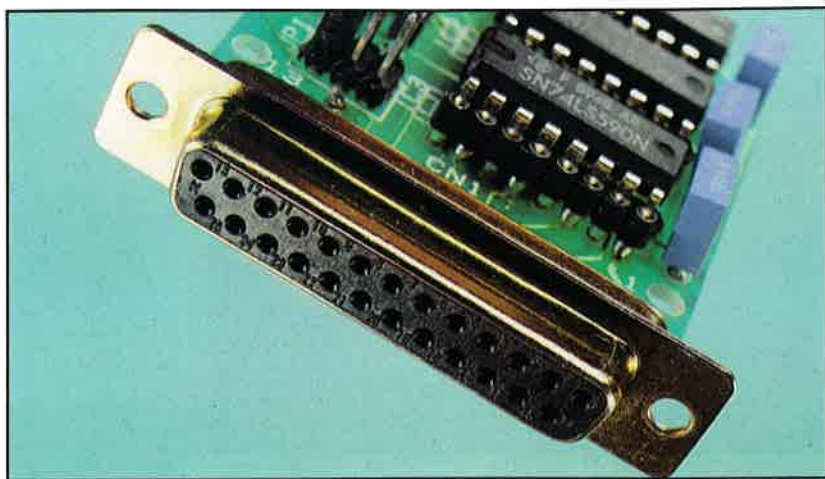
### *REALIZZAZIONE DEL CIRCUITO*

Il montaggio dei componenti inizia con le file di terminali torniti impiegati come zoccoli per i circuiti integrati. Vengono utilizzati questi terminali poiché il circuito stampato a doppia faccia ha i fori non metallizzati; questa condizione richiede la saldatura di alcuni pin su entrambe le facce dello stampato, e l'operazione risulterebbe molto difficile se si utilizzassero gli zoccoli tradizionali. Si devono tagliare 8 file da otto terminali ciascuna, che devono essere saldate nelle posizioni riservate ai quattro circuiti integrati. Si prosegue montando i condensatori da C1 a C4, tutti da 100 nF, ricordando che anche questi devono essere saldati su entrambe le facce dello stampato. Fatto questo bisogna rendere conduttivo il foro passante posto di fronte al terminale 11 del connettore CN1; per fare ciò è necessario infilare nel foro un pezzo di cavetto conduttore e saldarlo su entrambe le facce dello stampato, rasandolo poi dopo la saldatura. Il connettore CN2 viene realizzato con due terminali maschi, mentre JP1 di terminali maschi ne richiede sei. Al termine si può saldare il connettore DB-25 femmina corrispondente a

*L'ultimo componente che deve essere saldato è il connettore CN1, DB-25 femmina*

*Vista del circuito con tutti i componenti montati*

*JP1 consente la selezione dell'uscita del decodificatore di indirizzi. Inserendo il jumper sui terminali più vicini alla scritta JP1 verrà selezionata l'uscita CE1*

*Il circuito non richiede alcuna regolazione, poiché il suo controllo avviene via software*

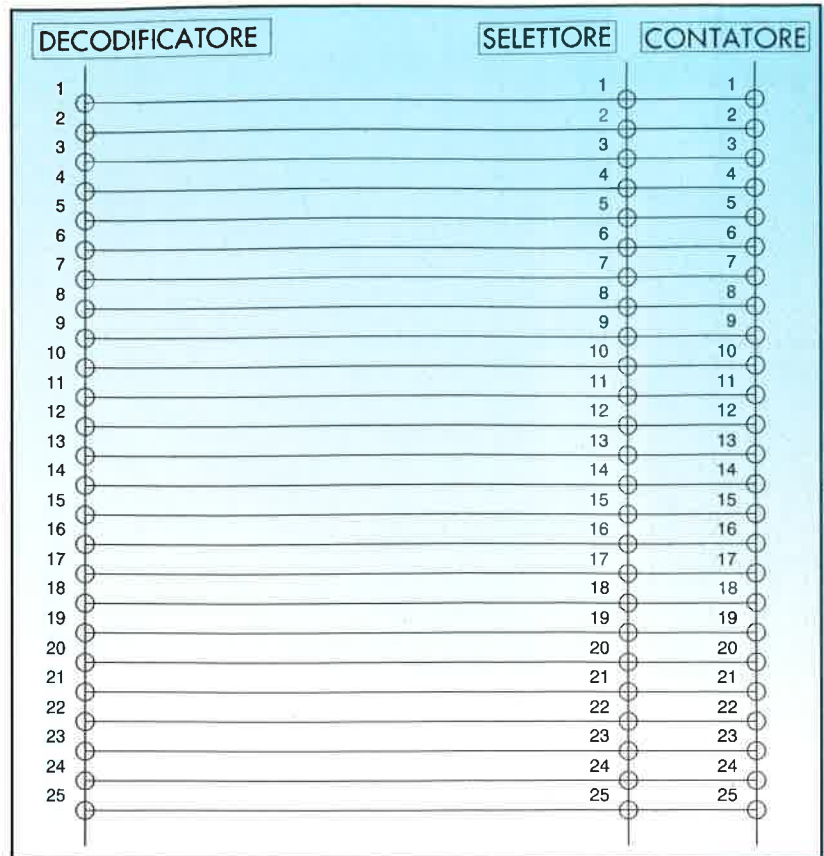
CN1. Per fare ciò è necessario posizionare correttamente i terminali del connettore in corrispondenza delle rispettive isole presenti sul circuito stampato, verificando che tutti siano centrati rispetto alle relative zone di saldatura. Dopo questa operazione di posizionamento si devono saldare i terminali più esterni, in modo da fissare il connettore al circuito stampato; eseguita una nuova verifica visiva di allineamento dei terminali rispetto alle isole di saldatura, e dopo aver corretto le eventuali imperfezioni, si può effettuare la saldatura degli altri terminali del connettore. A questo punto è possibile inserire i circuiti integrati IC1, IC2, IC3 (74LS590) e IC4 (74LS138) negli zoccoli corrispondenti, rispettando le tacche di riferimento serigrafate sul circuito. Prima di eseguire qualsiasi prova di funzionamento, bisogna controllare che tutti i componenti siano stati montati nella corretta posizione e che siano state effettuate tutte le saldature; verificare inoltre che non siano presenti cortocircuiti tra punti vicini o tra le piste.

## COLLEGAMENTO ELETTRICO

Come detto in precedenza, il contatore deve essere collegato al decodificatore di indirizzi tramite il connettore CN2 di quest'ultimo circuito. Per realizzare questo collegamento bisogna costruire un cavo terminante con due connettori DB-25, uno maschio e l'altro femmina, con i collegamenti indicati nella rispettiva figura. Il terminale 1 del primo connettore deve corrispondere al terminale 1 del secondo, e così di seguito fino al terminale 25. Poiché il secondo modulo del frequenzimetro, che sarà presentato nel successivo capitolo, presenta lo stesso tipo di collegamento, è consigliabile realizzare il cavo con due connettori maschi anziché uno soltanto. La realizzazione pratica di questo cavo può essere eseguita utilizzando dei connettori DB-25 a saldare e del cavo per la trasmissione dati con almeno 25 fili; per maggior praticità e minore difficoltà di manipolazione viene però consigliato l'utilizzo di un pezzo di flat-cable a 25 fili con connettori a crimpare. Dopo aver realizzato il cavo, con il computer spento e il circuito di prolunga del bus installato nel calcolatore, si può collegare la scheda del decodificatore di indirizzi. L'estremo del cavo con il connettore femmina deve essere inserito nel connettore CN2 del decodificatore, e uno dei due connettori maschi all'altro estremo del cavo deve essere collegato al connettore CN1 del contatore.

*Il connettore CN1 è un DB-25 femmina, per cui è necessario realizzare un cavo per il suo collegamento al decodificatore di indirizzi*

### *Avviamento e verifica*

Dopo aver verificato la correttezza dei vari collegamenti si può accendere l'elaboratore. Con un multimetro selezionato sulla scala delle tensioni continue bisogna controllare se il circuito è correttamente alimentato; per fare ciò si può misurare la tensione di alimentazione presente su ciascuno degli integrati e verificare che questi non si surriscaldino. Il circuito in se non richiede nessuna regolazione, poiché tutto il controllo viene eseguito via software. L'unica impostazione che si deve effettuare è quella della finestra temporale, che come si vedrà verrà eseguita tramite il programma di controllo. Il primo test di prova prevede la verifica del corretto funzionamento di tutti i controlli. A tal fine bisogna scrivere una serie di piccoli programmi in BASIC che consentano di cancellare i contatori, caricare i registri e leggere il contenuto di ciascuno di questi. Prima di lanciare questi programmi di test bisogna impostare il selettore degli indirizzi sulla posizione E1, in modo che l'indirizzo primario del contatore corrisponda al CE1 del decodificatore di indirizzi, 300. In questa situazione il primo contatore verrà letto all'indirizzo 300H (768), il secondo a 301H (769), il terzo a 302H (770), il reset avrà indirizzo 303H (771) e i registri saranno caricati all'indirizzo 304H (772). Dopo aver applicato al connettore CN2 del contatore un segnale di clock di tipo TTL, ad esempio il segnale di clock del proprio computer disponibile sul terminale 4 del connettore CN2 del decodificatore di indirizzi, si devono eseguire i test descritti di seguito.

DECODIFICATORE — SELETTORE — CONTATORE (1–25)

*Le connessioni tra il decodificatore di indirizzi e i componenti del frequenzimetro sono corrispondenti*

**1** - Verifica della lettura di ciascuno dei tre registri; bisogna lasciar trascorrere un certo tempo in modo che i contatori possano venire incrementati, e di seguito eseguire il programma 1. Ad ogni ciclo del programma vengono caricati i registri con il valore raggiunto da ciascun contatore, e viene presentato il risultato. I valori letti devono

**PROGRAMMA 1**

```
CLS
USCIRE=0
REG1=0
REG2=0
REG3=0
WHILE USCIRE <>1
OUT 772,0
REG1=INP(768)
REG2=INP(769)
REG3=INP(770)
PRINT "REG1=";REG1
PRINT "REG2=";REG2
PRINT "REG3=";REG3
PRINT
INPUT "PREMERE IL TASTO
1 PER USCIRE",USCIRE
WEND
```

**PROGRAMMA 2**

```
CLS
USCIRE=0
REG1=0
REG2=0
REG3=0
WHILE USCIRE <>1
OUT 771,0
FOR I = 1 TO 1000
NEXT I
OUT 772,0
REG1=INP(768)
REG2=INP(769)
REG3=INP(770)
PRINT "REG1=";REG1
PRINT "REG2=";REG2
PRINT "REG3=";REG3
PRINT
INPUT "PREMERE IL TASTO
1 PER USCIRE",USCIRE
WEND
```

**PROGRAMMA 3**

```
CLS
USCIRE=0
REG1=0
REG2=0
REG3=0
WHILE USCIRE <>1
OUT 771,0
FOR I = 1 TO 1000
NEXT I
OUT 772,0
REG1=INP(768)
REG2=INP(769)
REG3=INP(770)
FREQUENZA = REG1 + 256*REG2 +
65536*REG3
PRINT "FREQUENZA =";FREQUENZA
WEND
```

*La prima operazione è quella di verificare il corretto funzionamento di tutti i controlli*

*L'impiego di un flat cable rende più semplice la costruzione del cavo di collegamento*

**ELENCO COMPONENTI**

**Condensatori**
C1, C2, C3, C4 = 100nF multistrato

**Circuiti integrati**
IC1, IC2, IC3 = 74LS590
IC4 = 74LS138

**Varie**
CN1 = Connettore D25 femmina con terminali diritti a saldare
JP1 = Sei terminali maschi (2x3)
CN2 = 2 terminali maschi
1 Jumper di selezione
64 terminali torniti per zoccoli
1 Circuito stampato PC10193V519

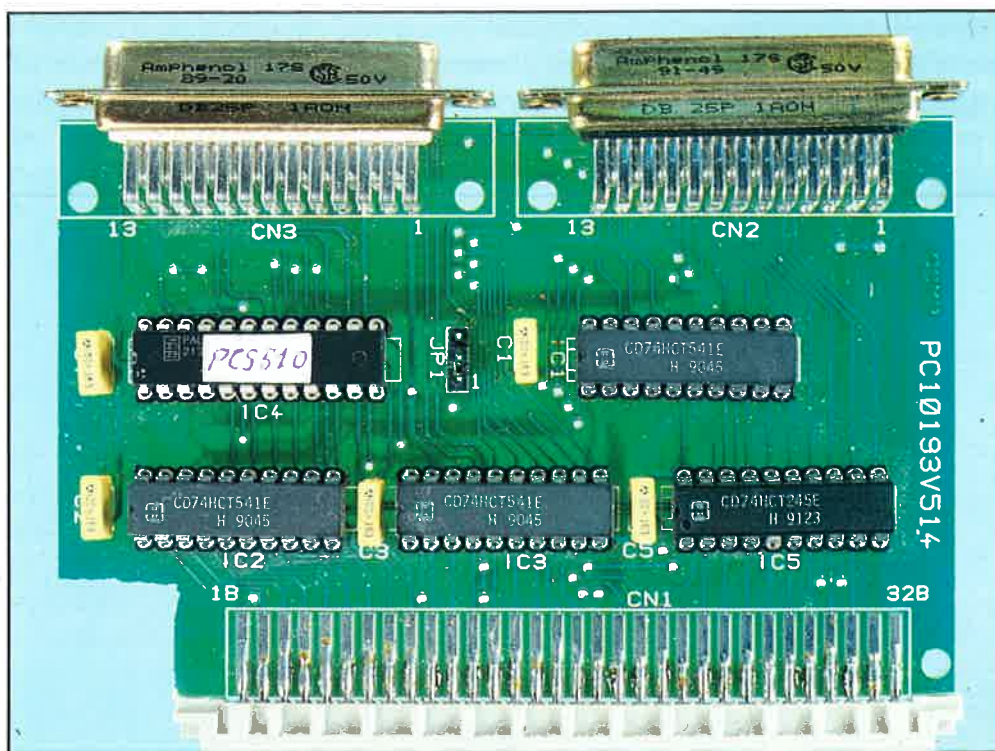
**Cavo di collegamento** *(opzionale)*
2 connettori maschi DB25 a crimpare e uno femmina
1 metro di flat-cable a 25 fili

variare ad ogni ciclo del programma, e ciò dimostra che il contenuto dei registri varia ogni volta che viene effettuato un caricamento. In questo modo risulta verificata l'operazione di caricamento dei contatori e l'accesso in lettura a ciascuno di questi.

**2** - Verifica della cancellazione dei registri con il programma 2. Con questo programma è possibile eseguire la cancellazione dei contatori e il caricamento dei registri. Poiché in ciascun ciclo del programma il tempo che trascorre tra la cancellazione e il caricamento è approssimativamente lo stesso, i valori presentati devono rimanere costanti, anche se quello del primo contatore può oscillare leggermente.

**3** - Per verificare il funzionamento del circuito come frequenzimetro è necessario modificare leggermente il programma precedente. La finestra temporale si regola variando il limite superiore del ciclo FOR...NEXT; l'aumento o la diminuzione di questo valore è direttamente proporzionale alla variazione della finestra temporale.

Per conoscere il valore esatto del limite superiore si deve applicare un segnale di frequenza conosciuta e il più esatto possibile, ed eseguire le variazioni necessarie sino a quando il valore letto non corrisponde a quello della frequenza nota.

Nei capitoli successivi verrà esaminato il software di controllo per il contatore e il frequenzimetro, e verrà descritto un metodo per la sua calibrazione.

*Il decodificatore di indirizzi serve da interfaccia tra il computer e i circuiti del frequenzimetro*